doi:10.13866/j.azr.2019.06.25

石羊河流域表层沉积物垂直地带性分异特征
——基于粒度与矿物指标[①]

韩　琴，　李　育，　李鹏程
（兰州大学资源环境学院，甘肃 兰州　730000）

摘　要：地域分异规律是自然地理学非常重要的基本理论。在气候重建中，只考虑纬度地带性会使重建结果产生较大的误差。通过对石羊河流域现代表层沉积物粒度与矿物指标的垂直地带分布特征分析，结合流域全新世沉积剖面的粒度与矿物数据，对比石羊河流域的现代表层沉积物与全新世沉积物粒度和矿物特征，进而探索石羊河流域环境变化及其驱动机制。结果表明：全新世与现代具有相同的驱动力，石羊河流域上游在亚洲冬季风与西风的影响下，呈现山前风成沉积特征；中游地区在河湖水动力的影响下，呈现冲积、洪积特征；石羊河流域下游终端湖区，呈现湖相沉积特征，且现代气候较全新世时期更为干旱。

关键词：垂直地带性；表层沉积物；环境变化；石羊河流域

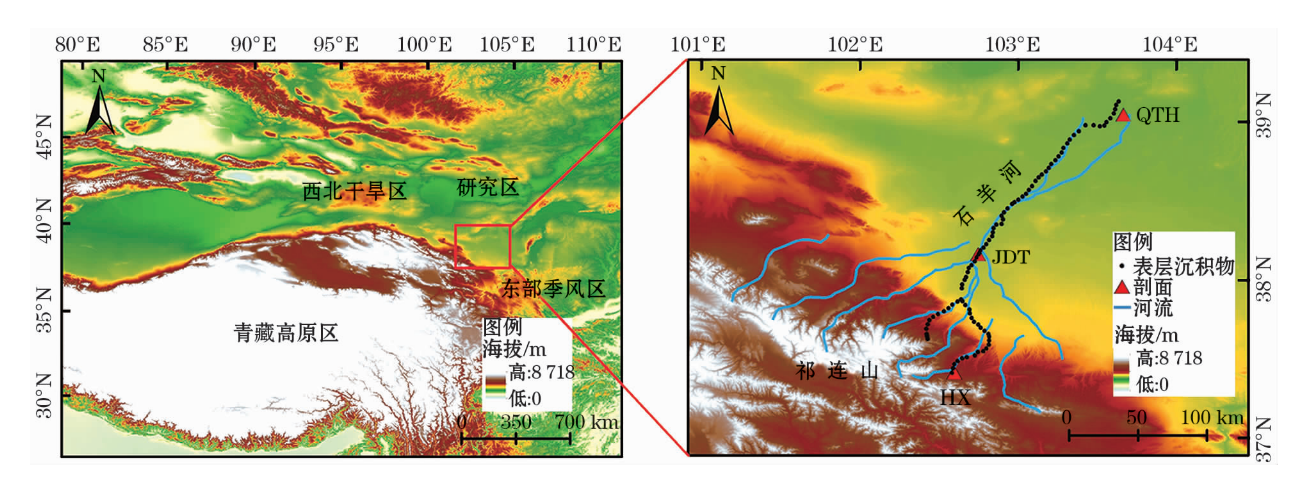
重建过去气候变化不仅有利于了解气候变化的规律与驱动机制，还有助于预测未来气候变化[1]。通过构建表层沉积物指标与气候指标之间的关系，可以理解代用指标的现代过程和机制。在此基础上，才能更准确的使用代用指标重建气候要素的沉积序列。地域分异规律是自然地理学非常重要的基本理论，它揭示了自然环境要素的整体性与差异性及其形成原因，主要包括纬度地带性规律和非纬度地带性规律，后者又包括因距海远近不同而形成的气候干湿分异和因海拔增加而形成的垂直地带分异2个方面[2]。在中国的第二、三级阶梯地区气候重建模型中，以往研究充分考虑了现代表层沉积样品的纬度地带性规律[3-7]。但是在第一级阶梯青藏高原周边地区，由于其巨大的海拔高差导致温度、湿度和降水等要素的变化，从而使得生物、土壤等具有垂直地带性规律，且要比纬度地带性规律显著。基于此分析，仅考虑现代表层沉积样品的纬度地带性规律，可能使得青藏高原周边地区在气候重建时存在很大误差。

祁连山地处我国东部季风区、青藏高原区和西北干旱区3大自然区的交界地带，同时处于亚洲季风与西风影响的核心地带，气候垂直梯度明显，生物、土壤等自然地理要素在气候的影响下也呈现出有序的垂直带谱[8-9]。因此，有必要对祁连山东部石羊河流域的现代表层沉积物粒度与矿物指标的空间分布特征进行分析，以探索其垂直地带性规律。在此基础上，结合石羊河流域的全新世沉积剖面的粒度与矿物数据，对比石羊河流域的现代表层沉积物与全新世沉积剖面粒度和矿物特征，进而探讨石羊河流域环境变化及其驱动机制。

1　研究区概况

石羊河流域位于祁连山北麓，地理位置36°29′~39°17′N，101°41′~104°16′E，石羊河发源于祁连山东段冷龙岭，消失于巴丹吉林沙漠与腾格里沙漠之间的民勤盆地北部，自东向西主要由大靖河、古浪河及黄羊河等8条河流组成，流域总面积大约4.16×10^4 km²[10]。该流域自上游到下游包括3个地理单元：上游海拔2 000~5 000 m的祁连山山前风成沉积地带，气候类型为高寒半干旱湿润区，年降水量约为450 mm，年蒸发量约为1 000 mm，植被类型自上而下逐渐呈现高山草甸、高山森林、草原交错、灌木，主要土壤类型为寒漠土和草毡土；中

① 收稿日期：2019-01-05；　修订日期：2019-06-01
基金项目：国家自然科学基金项目(41822708，41571178)；中国科学院战略性先导科技专项(XDA20100102)；兰州大学中央高校基本科研业务费专项(lzujbky-2018-k15)；第二次青藏高原综合科学考察研究项目(XDA20060700)资助
作者简介：韩琴(1993-)，女，博士研究生，研究方向为气候变化与水循环. E-mail：hanqin92@163.com
通讯作者：李育. E-mail：liyu@lzu.edu.cn



注：HX 包含 HXa 与 HXb 剖面;QTH 包含 QTH01 与 QTH02 剖面。

图 1　石羊河地理位置与采样点分布图

Fig. 1　Geographical location of the Shiyang River Basin and distribution of sampling sites

游海拔 1 500 ~ 2 000 m 的河流冲积及湖泊沉积地带,年降水量约为 200 mm,年蒸发量约为 1 600 mm,植被类型为荒漠化草原和干草原,典型土壤类型为灰棕漠土和灰钙土;下游海拔 1 300 ~ 1 500 m 的终端湖地带,年降水量小于 150 mm,年蒸发量约为 2 300 mm,植被类型为超旱生灌木、半灌木与小乔木荒漠,典型土壤类型为灰棕漠土及灰棕漠土型沙土[11-12]。

2　材料与方法

2.1　数据采集及实验方法

本文基于石羊河流域海拔变化,自流域上游到终端湖区共采集 92 个表层沉积物样品,全新世沉积剖面样品 982 个。其中现代表层沉积物上游到中游采集了 37 个样品,中游到终端湖采集了 55 个样品。在此之前,研究组在石羊河流域的上游至下游分别采集了山前风成剖面、河湖冲积剖面与湖相沉积剖面,以上均是全新世剖面,剖面信息见表 1。

沉积物粒度测试步骤为取 0.5 g 样品放入烧杯中,加入 10 mL 浓度为 10% 的双氧水,于加热板加热至沸腾,使其充分反应去除有机质,直至烧杯中无明显气泡产生;而后加入过量浓度为 10% 的盐酸,使其充分反应去除样品中的碳酸盐,直至完全无气泡产生,静置 24 h 后,抽去烧杯的上清液,并加入 10 mL 浓度为 10% 的六偏磷酸钠作为分散剂,在微波振荡仪均匀振荡 10 min 待测[13]。粒度分析采用的是英国 Malvern 公司生产的 Mastersizer 2000 型全自动激光粒度仪。在仪器测定中每个样品测 3 次求其

表 1　石羊河流域全新世剖面地理位置、海拔及采样间隔

Tab. 1　Geographical locations, elevations and sampling intervals of the Holocene profiles in the Shiyang River Basin

剖面名称	流域位置	地理坐标	海拔/m	深度/m	采样间隔/m
HXa	上游	37°25′N,102°36′E	2 447	320	2
HXb	上游	37°25′N,102°36′E	2 445	320	2
JDT	中游	38°10′N,102°45′E	1 460	590	5,10
QTH01	下游	39°03′N,103°40′E	1 309	692	2,5
QTH02	下游	39°03′N,103°40′E	1 309	736	2,5

平均值,保证重复量相对误差 <2%。采用激光粒度仪分析软件分析得出样品的累计曲线、频率曲线等粒度参数。矿物测定步骤为:将样品经玛瑙研钵研磨至 100 目,放入用酒精擦拭过的凹槽检测片上,使用载玻片将样品表面与检测片表面处理平。测试仪器为荷兰帕纳科公司的 X’Pert Pro 型粉末 X 射线衍射仪,测定误差 ±5%。最后,通过粉末 X 射线衍射仪自带软件 X’Pert High Score Plus 确定样品的矿物种类及相对百分含量[14]。

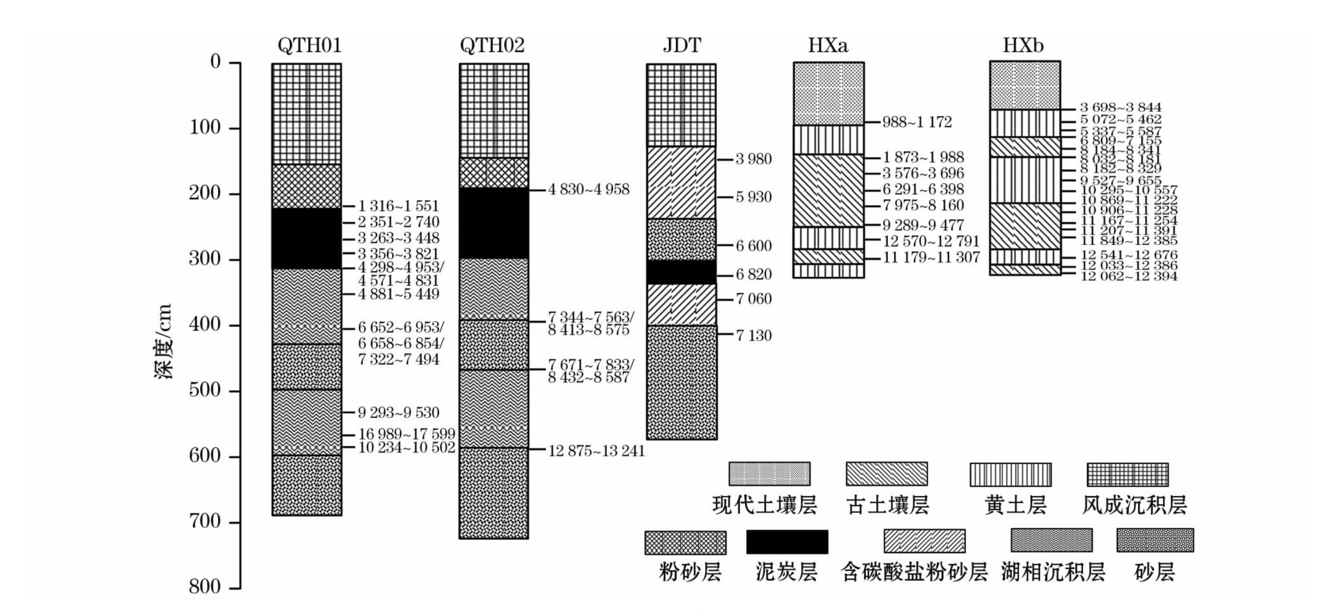
以上沉积物样品粒度与矿物实验均在兰州大学西部环境教育部重点实验室完成。

2.2　石羊河流域全新世沉积剖面年代与岩性

研究组对以上剖面的年代、岩性进行了研究[15](图 2)。

2.3　现代表层沉积物与全新世沉积剖面指标对比

对比现代表层沉积物和全新世沉积物的代用指标时,缺乏统一的参照标准进行比较。所以,需要通过一个中介将现代表层沉积物和全新世沉积物的代



注:剖面右侧数字为年龄,单位: Cal a BP,下同。

图 2　石羊河流域全新世剖面年代与岩性

Fig. 2　Lithology and calibrated ^{14}C ages of the Holocene profiles in the Shiyang River Basin

用指标,放在同一个参照标准下进行对比研究。本文尝试通过以下方法对全新世沉积物和现代表层沉积物的粒度及矿物指标进行对比分析:

首先,通过蒸发与降水的比值,以海拔 2 000 m 与 1 500 m 为界,将石羊河流域划分为上、中、下游。其中,海拔 2 000 m 以上为上游地区,海拔 1 500 m 以下为下游地区,海拔 1 500 ~ 2 000 m 为中游地区[16](需要指出的是,JDT 剖面虽不在此区间内,但其具有流域中游典型的河湖冲积相且距区间低值相差较小。因此,本文将 JDT 剖面划定为石羊河流域中游全新世沉积剖面。);而后,选取石羊河流域不同区域具有代表性的全新世沉积剖面,结合划分出的区域海拔变化范围与沉积剖面采样深度及采样间隔等比例的插值,研究石羊河流域上、中、下游地区全新世沉积物粒度指标与矿物指标的垂直地带性分异特性。

3　结果与分析

3.1　现代沉积物粒度与矿物指标分析

通过以上粒度实验,得到石羊河流域上、中、下游表层沉积物中值粒径、平均粒径、黏土及砂等粒径结果(表 2)。根据表 2 可知,石羊河流域上游地区的平均中值粒径、平均粒径、众数粒径分别为 25.17 μm、65.03 μm、34.47 μm,三者均小于中、下游地区,黏土、粉砂平均百分比为 13.68%、65.66%,含量均高于中、下游地区,砂含量仅有 20.66%。石羊河流域上游受亚洲冬季风与西风的影响,沉积了大量风成沉积物且发育了现代土壤,所以,石羊河流域上游现代沉积物粒径较细,粉砂的含量高[17-18]。

石羊河流域中游地区的平均中值粒径、平均粒径、众数粒径分别为 58.85 μm、146.78 μm、176.21 μm。砂含量也增加到 38.41%。流域中游受到河流的流速、流量以及沉积物大小、比重等影响,沉积物的沉积顺序有所差异[19-21]。一般而言,大颗粒沉积物较小颗粒沉积物沉积快,在河流水动力的影响下,中游地区汇集了大量冲积与洪积沉积物。与上游相比,流域中游现代沉积物粒径相对较粗。

石羊河流域下游地区的中值粒径、平均粒径、众数粒径在流域中最大,不同于上游地区,其砂含量最高,平均达到 65.36%。石羊河流域下游早已干涸且毗邻巴丹吉林与腾格里两大沙漠,故流域下游的粗颗粒物沉积除与入湖河流流速减小有关外,还与风及河流将巴丹吉林与腾格里两大沙漠的粗粒碎屑物带入干涸的终端湖有关[17,22-25]。

通过以上矿物实验,得到石羊河流域上、中、下游表层沉积物矿物组成及其含量百分比(表 3)。根据表 3 可知,石羊河流域石英及云母两类矿物含量远远高于其他矿物类型,两者总和超过 60%。石羊河流域气候相对较为干旱,降水与蒸发比率也相对较小,石英、云母等碎屑类矿物含量较高,碳酸盐类矿物含量相对较少,符合西北内陆干旱区的地域气

表2　石羊河流域表层沉积物粒度

Tab.2　Grain size data of overlying deposits in the Shiyang River Basin

地区		中值粒径/μm	平均粒径/μm	众数粒径/μm	黏土/%	粉砂/%	砂/%
上游地区	最大值	42.95	132.29	49.51	18.45	74.96	38.55
	最小值	14.09	25.33	21.85	8.39	49.52	6.98
	平均值	25.17	65.03	34.47	13.68	65.66	20.66
中游地区	最大值	352.53	369.29	717.50	19.05	72.76	78.50
	最小值	16.92	32.75	11.23	5.05	16.22	13.84
	平均值	58.85	146.78	176.21	11.67	49.92	38.41
下游地区	最大值	453.04	490.48	523.08	27.69	60.44	96.49
	最小值	9.68	46.64	6.91	0.43	3.00	20.95
	平均值	132.88	174.38	196.87	6.91	27.73	65.36
石羊河流域	最大值	453.00	490.48	717.50	27.69	74.96	96.49
	最小值	9.68	25.33	6.91	0.43	3.00	6.98
	平均值	96.80	149.81	165.50	9.20	39.45	51.35

表3　石羊河流域表层沉积物矿物

Tab.3　Mineral data of overlying deposits in the Shiyang River Basin

地区		石英/%	云母/%	长石/%	碳酸钙/%	地区		石英/%	云母/%	长石/%	碳酸钙/%
上游地区	最大值	42	41	27	5	下游地区	最大值	65	61	84	23
	最小值	27	28	8	0		最小值	7	0	6	0
	平均值	34.29	33.76	15.53	2.88		平均值	32.21	33.76	21.14	3.71
中游地区	最大值	44	56	31	6	石羊河流域	最大值	65	61	84	23
	最小值	8	25	11	0		最小值	7	0	6	0
	平均值	26.50	36.70	19.90	2.90		平均值	31.86	32.62	19.46	3.31

候特点。

矿物在各种地质作用中产生和发展,其自然元素的单质及其化合物在一定地质和物理化学条件下相对稳定,矿物的化学组成一般比较固定,但以碳酸盐为代表的可溶性盐类矿物对水环境相对较为敏感。石羊河流域中下游碳酸钙矿物百分比含量高于上游,且在下游地区出现23%的最高值。在内流河流域水循环中,降水、蒸发、产流、汇流过程的差异,一定程度上使得流域内可溶性盐类矿物呈现垂直地带性分异规律。

3.2　全新世沉积物粒度与矿物指标分析

图3显示了石羊河流域典型全新世剖面的粒度数据,全新世沉积物中粉砂含量占主导地位。位于石羊河上游全新世沉积剖面HXa与HXb,全新世沉积物粒径明显比中、下游细,粉砂含量在全新世均保持在60%~80%水平,且剖面沉积物多为黄土、古土壤等沉积相。这与石羊河流域上游受亚洲冬季风与西风的影响,主要与风成沉积有关。位于中游地区的JDT全新世沉积剖面在河流水动力的影响下,在不同沉积层位呈现不同特征。如在泥炭层,粉砂和黏土含量较高,中值粒径较小,说明河流处于静水环境。位于下游地区的QTH01和QTH02全新世沉积剖面中,整体上以湖相沉积为主,泥炭层与湖相层粉砂的颗粒含量较高。但在上层砂含量变高,一定程度上与风及河流将巴丹吉林与腾格里两大沙漠的粗粒碎屑物带入终端湖有关。

图4显示了全新世石羊河流域上游及下游剖面的矿物数据,石英及云母两者依然是石羊河流域优势矿物。上游地区HXb剖面石英与云母矿物的平均值相加超过70%。下游地区QTH01、QTH02剖面碳酸钙含量远超过上游地区。

3.3　全新世与现代表层沉积物粒度特征对比

将石羊河流域具有代表性的全新世沉积剖面和区域海拔变化范围相结合,与沉积剖面采样深度及采样间隔进行等比例的插值,构建石羊河流域上、中、下游全新世沉积物代用指标的垂直地带

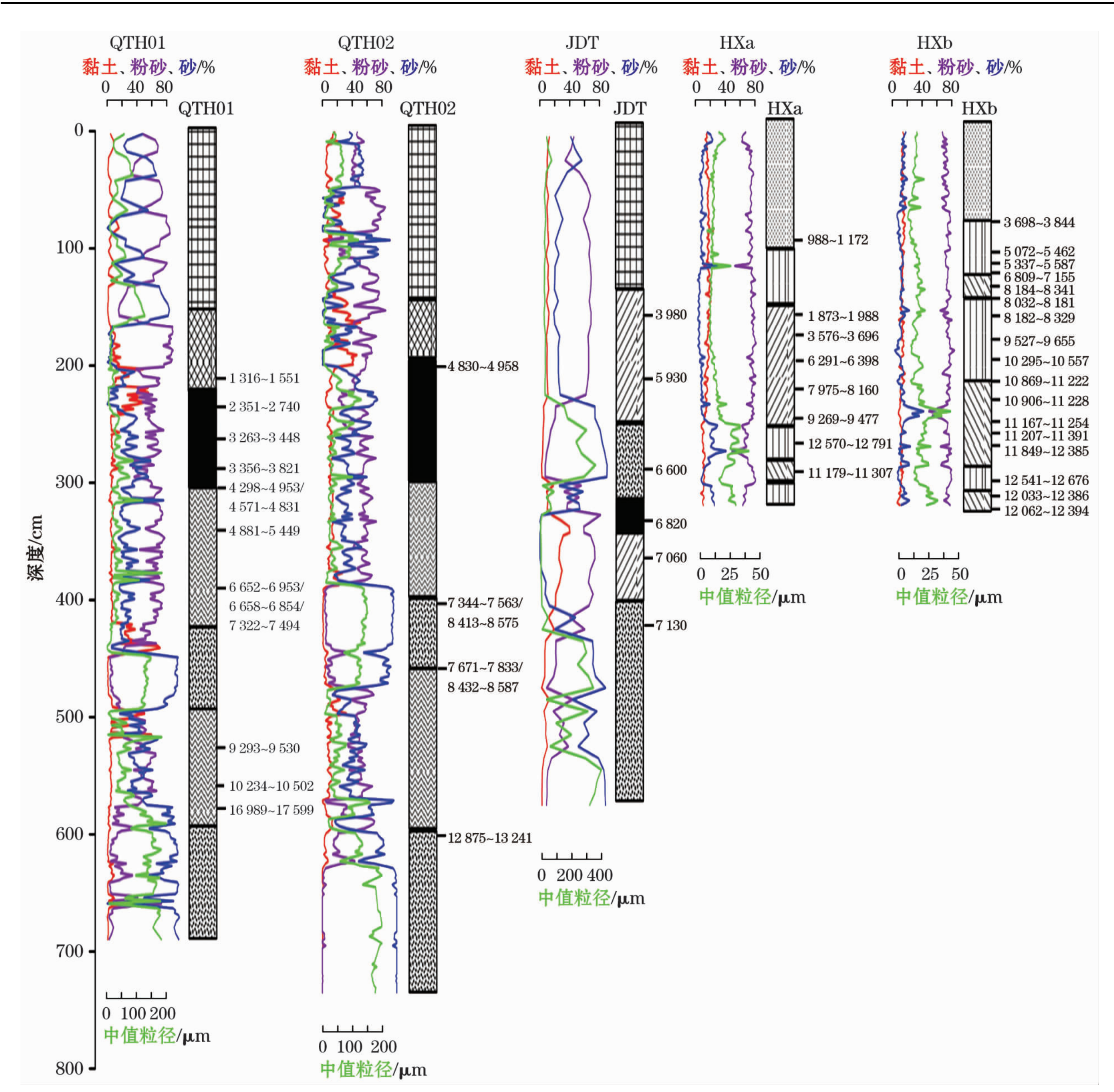


图 3　石羊河流域全新世沉积剖面的粒度数据

Fig. 3　Grain size data of Holocene sedimentary profiles in the Shiyang River Basin

变化图谱。

粒度结果显示(图 5),石羊河流域现代沉积物粒度比全新世的沉积物粒度粗,两者均以粉砂含量占主导。现代表层沉积物与全新世沉积物粒度指标均指示石羊河流域为干旱的气候特征,但现代更为干旱。需要指出的是,石羊河流域下游的表层沉积物的粒径大于全新世剖面沉积物,砂含量也明显高于全新世时期。这与现代气候干旱及人类活动影响下石羊河流域下游大部分早已干涸,湖泊与河流的沉积作用不再起作用,毗邻腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠,风力作用将粗粒碎屑物携带来有关。

对比石羊河流域全新世与现代表层沉积物粒度指标垂直性变化,发现石羊河流域全新世与现代表层沉积物粒度指标垂直变化具有一致性。现代表层沉积物相对于全新世沉积物粒径相对较粗,一定程度上指示了现代气候较全新世时期更为干旱的特征。

矿物结果显示,在石羊河流域上游风成沉积区域,现代与全新世沉积物石英、云母含量较高,碳酸钙矿物含量相对较低(图 6)。在石羊河流域下游地区,现代表层沉积物主要矿物以石英、云母为主(图 6)。而全新世时期,可溶性盐类矿物碳酸钙含量明显高于现代,石英、云母含量则低于现代,这与石羊河流域下游基本干涸有关。与石羊河流域全新世与

图4　石羊河流域全新世沉积剖面的矿物数据

Fig. 4　Mineral data of the Holocene sedimentary profiles in the Shiyang River Basin

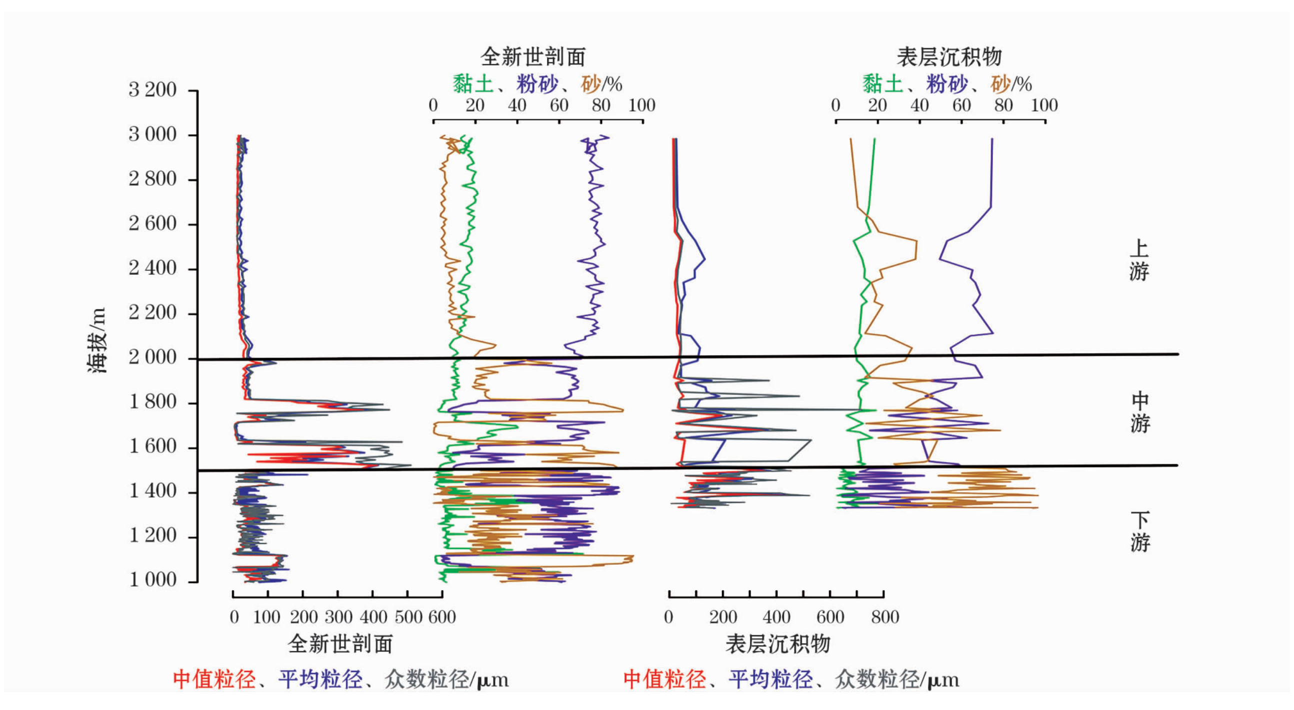


图5　石羊河流域全新世与现代表层沉积物粒度特征对比

Fig. 5　Compared results between the Holocene and modern grain size data of overlying deposits in the Shiyang River Basin

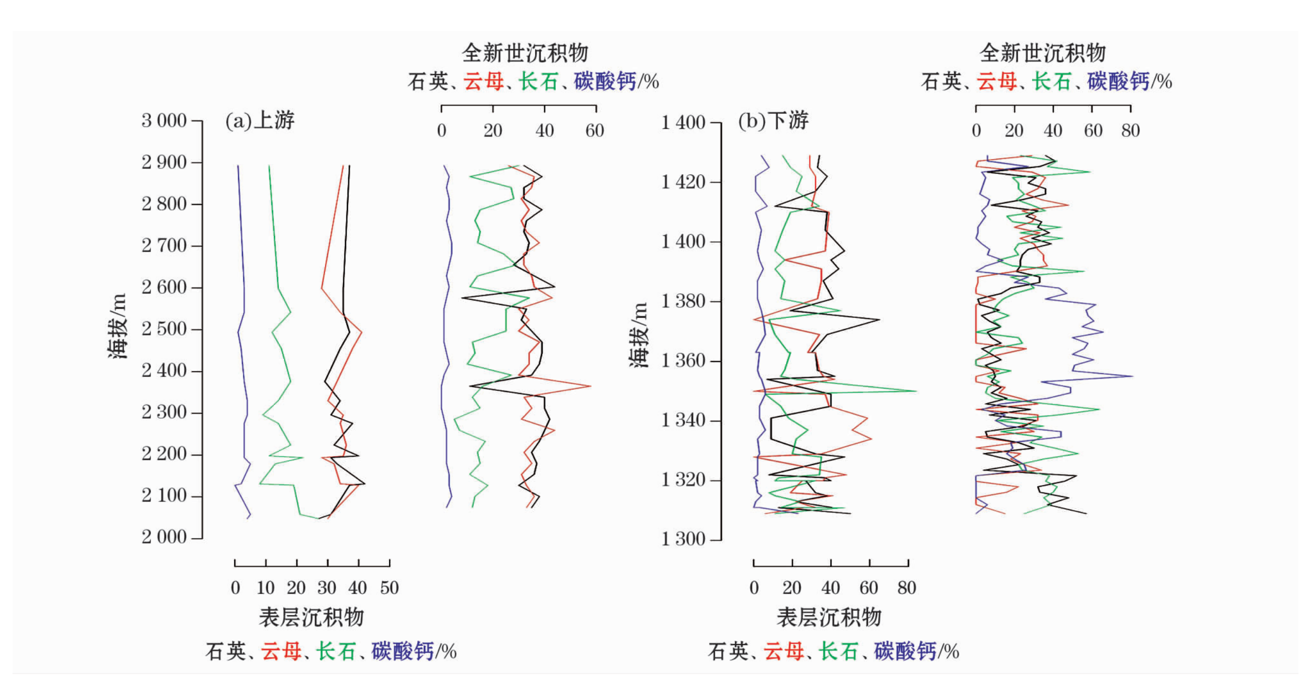


图6　石羊河流域全新世与现代表层沉积物矿物特征对比

Fig. 6　Compared results between the Holocene and modern mineral data of overlying deposits in the Shiyang River Basin

现代沉积物粒度特征一样，流域矿物特征也指示了石羊河流域较为干旱的气候特征。流域矿物特征进一步证明了全新世与现代具有相同的驱动力。

4　结 论

本文基于石羊河流域现代表层沉积物粒度与矿物指标的垂直地带性分布特征，结合流域全新世沉积剖面的粒度与矿物数据，将两者进行了对比研究，得到以下结论：

石羊河流域的上、中、下游现代沉积物粒径均大于全新世，现代沉积物中碳酸钙类含量明显少于全新世，粒度与矿物指标在一定程度上指示了现代气候较全新世更为干旱的特征。虽然现代表层沉积物与全新世剖面沉积物存在差异，但分析结果显示，全新世与现代具有相同的驱动力。石羊河流域上游在亚洲冬季风与西风的影响下，呈现山前风成沉积特征；中游地区在河湖水动力的影响下，呈现冲积、洪积特征；石羊河流域下游终端湖区，呈现湖相沉积特征。

参考文献(References)：

〔1〕 PAGES. Science Plan and Implementation Strategy. IGBP Report No. 57〔R〕. Stockholm：IGBP Secretariat，2009.

〔2〕 范中桥. 地域分异规律初探〔J〕. 哈尔滨师范大学自然科学学报，2004，20（5）：106－109.〔Fan Zhongqiao. Research on the regularity of region differences〔J〕. Natural Science Journal of Harbin Normal University，2004，20（5）：106－109.〕

〔3〕 Lee X，Feng Z，Guo L，et al. Carbon isotope of bulk organic matter：A proxy for precipitation in the arid and semiarid central east Asia〔J〕. Global Biogeochemical Cycles，2005，19：GB4010，doi：10.1029/2004GB002303.

〔4〕 Yu S，Kang Z，Zhou W. Quantitative palaeoclimate reconstruction as an inverse problem：A Bayesian inference of late-Holocene climate on the Eastern Tibetan Plateau from a peat cellulose $\delta^{18}O$ record〔J〕. The Holocene，2012，22（4）：405－412.

〔5〕 Rao Z，Chen F，Cheng H，et al. High-resolution summer precipitation variations in the Western Chinese Loess Plateau during the last glacial〔J〕. Scinetific Reports，2013，3：2785，doi：10.1038/srep02785.

〔6〕 Lu H，Wu N，Liu K，et al. Modern pollen distributions in Qinghai-Tibetan Plateau and the development of transfer functions for reconstructing Holocene environmental changes〔J〕. Quaternary Science Reviews，2011，30：947－966.

〔7〕 宋长青，吕厚远，孙湘君. 中国北方花粉－气候转换函数建立及应用〔J〕. 科学通报，1997，42（20）：2 182－2 186.〔Song Changqing，Lv Houyuan，Sun Xiangjun. Establishment and application of transfer functions of the pollen-climatic factors in Northern China〔J〕. Chinese Science Bulletin，1997，42（20）：2 182－2 186.〕

〔8〕 牛赟，刘贤德，敬文茂，等. 祁连山北坡土壤特性与植被垂直分布的关系〔J〕. 山地学报，2013，31（5）：527－533.〔Niu Yun，Liu Xiande，Jing Wenmao，et al. Relationship between characteristics of soil and vertical distribution of vgetation on the orthern slope of Qilian Mountains〔J〕. Mountain Research，2013，31（5）：527－533.〕

〔9〕 张成琦.内流河流域全新世环境变化与碳循环〔D〕兰州:兰州大学,2017.〔Zhang Chengqi. Holocene Environmental Change and Carbon Cycle in Endorheic Basins:A Case Study in the Shiyang River Drainage Basin〔D〕. Lanzhou:Lanzhou University,2017.〕

〔10〕 李传华,赵军,师银芳,等.基于NPP的石羊河流域环境治理工程成效评价〔J〕.干旱区研究,2018,35(5):1 208 - 1 216.〔Li Chuanhua,Zhao Jun,Shi Yinfang,et al. NPP-based evaluation on environment governance effect in the Shiyang River Basin〔J〕. Arid Zone Research,2018,35(5):1 208 - 1 216.〕

〔11〕 李吉均.中国西北地区晚更新世以来环境变迁模式〔J〕.第四纪研究,1990(3):197 - 204.〔Li Jijun. The patterns of environmental changes since late Pleistocene in Northwestern China〔J〕. Quaternary Sciences,1990(3):197 - 204.〕

〔12〕 李育.季风边缘区湖泊孢粉记录与气候模拟研究〔D〕.兰州:兰州大学,2009.〔Li Yu. The Pollen Records from Lake Sediments and Climate & Lake Model in the Marginal Area of the Asian Monsoon〔D〕. Lanzhou:Lanzhou University,2009.〕

〔13〕 徐树建,潘保田,张慧,等.末次冰期旋回风成沉积物图解法与矩值法粒度参数的对比〔J〕.干旱区地理,2005,28(2):194 - 198.〔Xu Shujian,Pan Baotian,Zhang Hui,et al. Grain size parameters of loess-palaeosol deposits from graphic and moment methods:A comparative study〔J〕. Arid Land Geography,2005,28(2):194 - 198.〕

〔14〕 李育,张成琦,周雪花,等.我国西北夏季风边界千年尺度变化的证据——来自盐池和猪野泽盐类矿物分析结果〔J〕.沉积学报,2015,33(3):524 - 536.〔Li Yu,Zhang Chengqi,Zhou Xuehua,et al. An evidence of millennial-scale summer monsoon boundary change in the Northwest China:Analysis results from saline minerals in lake sediments of Yanchi Lake and Zhuye Lake〔J〕. Acta Sedimentologica Sinica,2015,33(3):524 - 536.〕

〔15〕 Li Y,Zhang C,Wang N,et al. Substantial inorganic carbon sink in closed drainage basins globally〔J〕. Nature Geoscience,2017,10:501 - 508.

〔16〕 Li Y,Zhang C,Li P,et al. Basin-wide sediment gain-size numerical analysis and paleo-climate interpretation in the Shiyang River drainage basin〔J〕. Geographical Analysis,2017,49:309 - 327.

〔17〕 Li Y,Li P,Zhang C,et al. Long-term fine-grained sediment records in a drainage system in arid China:A new perspective from paleoclimatological records and simulations〔J〕. Annals of the American Association of Geographers,2017,107(5):1 - 13.

〔18〕 邬光剑,潘保田,管清玉,等.祁连山东段北麓近10 ka来的气候变化初步研究〔J〕.中国沙漠,1998,18(3):193 - 200.〔Wu Guangjian,Pan Baotian,Guan Qingyu,et al. Climate changes in the north piedmont of Eastern Qilian Mountains since 10 ka B.P.〔J〕. Journal of Desert Research,1998,18(3):193 - 200.〕

〔19〕 Zhang H C,Ma Y Z,Wunnemann B,et al. A Holocene climatic record from arid Northwestern China〔J〕. Palaeogeography,Palaeoclimatology,Palaeoecology,2000,162:389 - 401.

〔20〕 Ma Y Z,Zhang H C,Pachur H J,et al. Modern pollen-based interpretations of mid-Holocene palaeoclimate (8 500 to 3 000 cal. BP) at the southern margin of the Tengger Desert,Northwestern China〔J〕. The Holocene,2004,14(6):841 - 850.

〔21〕 李育,王岳,张成琦,等.干旱区内陆河流域中游地区全新世沉积相变与环境变化——以石羊河流域为例〔J〕.地理研究,2014,33(10):1 866 - 1 880.〔Li Yu,Wang Yue,Zhang Chengqi,et al. Changes of sedimentary facies and Holocene environments in the middle reaches of inland rivers,arid China:A case study of the Shiyang River〔J〕. Geographical Research,2014,33(10):1 866 - 1 880.〕

〔22〕 隆浩,王乃昂,马海州,等.腾格里沙漠西北缘湖泊沉积记录的区域风沙特征〔J〕.沉积学报,2007,25(4):626 - 631.〔Long Hao,Wang Naiang,Ma Haizhou,et al. Eolian activity and environment evolution history recorded by the Qingtu Lake,NW Tengger Desert〔J〕. Acta Sedimentologica Sinica,2007,25(4):626 - 631.〕

〔23〕 施祺,王建民,陈发虎.石羊河古终端湖泊沉积物粒度特征与沉积环境初探〔J〕.兰州大学学报(自然科学版),1999,35(1):194 - 198.〔Shi Qi,Wang Jianmin,Chen Fahu. Preliminary study on grain size characteristics of sediments and depositional environment of palaeo-terminal lake of Shiyang River〔J〕. Journal of Lanzhou University(Natural Sciences),1999,35(1):194 - 198.〕

〔24〕 Long H,Lai Z,Wang N,et al. Holocene climate variations from Zhuyeze terminal lake records in east Asian monsoon margin in arid Northern China〔J〕. Quaternary Research,2010,74:46 - 56.

〔25〕 Long H,Lai Z,Fuchs M,et al. Timing of Late Quaternary palaeolake evolution in Tengger Desert of Northern China and its possible forcing mechanisms〔J〕. Global and Planetary Change,2012,92 - 93:119 - 129.

Vertical Zonality of Overlying Deposits in the Shiyang River Basin: Based on Granularity and Mineral Indicators

HAN Qin, LI Yu, LI Peng-cheng

(*College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou* 730000, *Gansu, China*)

Abstract: Regional differentiation is an important and basic theory of physical geography. A big mistake may be made in reconstructing paleoclimate if the latitudinal zonality is considered only. In this study, the Shiyang River Basin in Gansu Province was selected as the study area to reveal the environmental change and its driving factors by analyzing the grain size data and mineral data of overlying deposits in the drainage basin. Lithology, grain size and mineral indicators were included in this study. In addition to the overlying deposits, the grain size and mineral data along the Holocene sedimentary profiles in the Shiyang River Basin were collected for comparing with those of overlying deposits. The results showed that: ① Driving forces of both Holocene and modern overlying deposits in the Shiyang River Basin were similar, and the piedmont Aeolian deposit was formed under the Asian winter wind and west wind in the upper reaches; ② Alluvial and proluvial deposits were formed under the fluvial and eulimnetic joint effect in the middle reaches; ③ Lacustrine deposit formed in the terminal-lake areas, and drought is currently more serious than that in the Holocene.

Key words: vertical zonality; overlying deposit; environmental change; Shiyang River Basin